

中華民國第四十八屆中小學科學展覽會
作品說明書

國中組 理化科

最佳團隊合作獎

031627

發鹽橋語 誰來放電？探討以金屬代替鋅銅電池鹽橋的反應

學校名稱：桃園縣立新明國民中學

作者： 國二 朱壬杰 國二 陳筠 國二 蔡庭庭 國二 古乃心	指導老師： 姚健文 洪欣沛
------------------------------------------------------------	-----------------------------

關鍵詞： 鋅銅電池、銅橋、電流

摘要

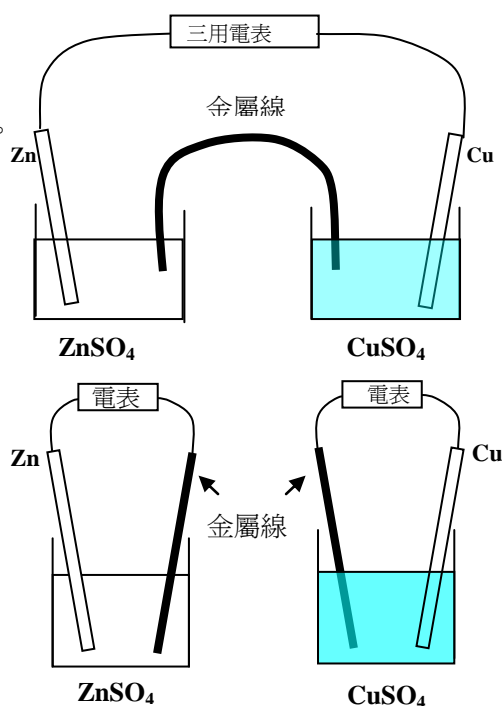
許多人認為以金屬導線取代伏打電池中的鹽橋不會有電流，也有人認為只會產生瞬間電流。真是這樣嗎？

我們用不同的金屬(銅、鉛、鐵、鎂)取代鹽橋(右上圖)。每次觀測兩個半小時，發現持續有電流。觀察發現電極上堆積的金屬為疏鬆粉末，溶液和電極持續反應。

鹽橋的功能是維持兩杯溶液呈電中性，以金屬導線取代又是如何？我們認為若以金屬作橋，就像兩個獨立的電池串聯(右下圖)。

我們經實驗證實以上想法。關於金屬作橋的電池的放電反應，詳細說明請參 P17。

實驗發現以金屬作橋，電流與較標準鋅銅電池不穩定，缺乏實用性。希望未來我們能再研究，設計出具實用性的金屬橋電池！



壹、研究動機

我們在講義看到一則基測題(九十年第二次基測)：

鋅銅電池的裝置如圖，關於「鹽橋」的敘述，下列何者錯誤？

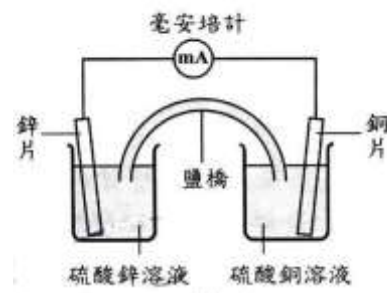
- A 鹽橋內應含有電解質
- B 鹽橋具有溝通電路的功能
- C 若以導線代替鹽橋，放電反應更容易進行
- D 若將鹽橋自溶液中取出，安培計讀數會變為零

標準答案是 C。老師說，許多人認為導線代替鹽橋不產生電流，但曾有人操作發現電流反而比標準鋅銅電池大！但可能是瞬間電流。我們決定親自實驗，以解答疑惑。

我們想以不同金屬試試是否皆有相似現象，探討產生此現象的原因。

作品與教材相關性：

國中自然與生活科技三上課本，康軒文教事業第一章 電的應用 第三節 電池第四節 電流的化學效應



貳、 研究目的

觀測在鋅銅電池中，以金屬導線(銅、鐵、鉛、鎂)取代鹽橋，其電壓電流與電阻及電池的變化。

參、 研究設備及器材



一、 對照組基本器材：

蒸餾水、硫酸銅五水結晶、硫酸鋅七水結晶、硝酸鉀結晶、銅棒 \varnothing 7.8mm*170.0mm、鋅棒約 \varnothing 7.8mm*150.0mm、100ml 燒杯、三用電表、導線。

二、 實驗一基本器材：





蒸餾水、硫酸銅五水結晶、硫酸鋅七水結晶、銅棒 \varnothing 7.8mm*170.0mm、鋅棒約 \varnothing 7.8mm*150.0mm、銅線 \varnothing 1.6mm*320.0mm、鉛線 \varnothing 1.6mm*320.0mm、鐵線 \varnothing 1.6mm*320.0cm、鎂帶 W3.0mm*H0.1mm、100ml 燒杯、三用電表、導線。

三、 實驗二基本器材：

蒸餾水、硫酸銅五水結晶各 0.80g、硫酸鋅七水結晶、銅棒 \varnothing 7.8mm*170.0mm、鋅棒約 \varnothing 7.8mm*150.0mm、銅線 \varnothing 0.5mm*160.0mm、鉛線 \varnothing 0.5mm*160.0mm、鐵線 \varnothing 0.5mm*160.0cm、鎂帶 W0.3mm*H0.1mm、100ml 燒杯、三用電表、導線。

肆、 研究過程及方法

一、 前置準備

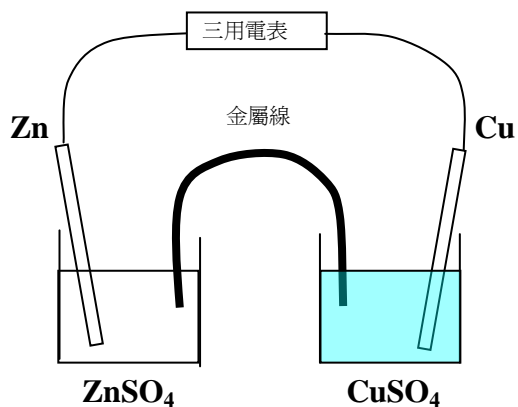
順序	相片	作法
1		(1)量測燒杯口直徑(小於 6cm)，取數張硬紙板裁剪成 $\text{Ø}6\text{cm}$ 圓。 (2)距圓心 4cm 對角畫十字切口，使每組棒材和線材放入距離相同。
2		將銅棒表面用砂紙磨光，於距端面 11.0mm 處作記號。
3		將鋅棒表面用砂紙磨光，於距端面 11.0mm 處作記號。
4		將銅棒插入紙板，作記號處定位於燒杯 80.0ml 刻度，將銅棒固定於紙板。
5		將鋅棒插入紙板，作記號處定位於燒杯 80.0ml 刻度，將鋅棒固定於紙板。
6		將電子秤連同移載的稱量紙歸零。
7		量 0.80g 硫酸銅晶體倒入燒杯。
8		量 0.92g 硫酸鋅晶體倒入燒杯。
9		將蒸餾水倒入第 8、9 項兩杯溶劑中，各調成 0.04 M 的溶液 80.0ml(顧及環保，所以使用低濃度溶液)。

二、 對照組
以 0.04M 硝酸鉀鹽橋製作標準鋅銅電池。

順序	相片	作法
1		0.04M 硝酸鉀水溶液裝入 U 形管後以棉花塞住。
2		紙板另一端剪出等同管寬之缺口。
3		鋅棒放入硫酸鋅水溶液，銅棒放入硫酸銅水溶液，將鹽橋插入缺口再將紙板固定。
4		接上三用電錶，鋅棒連接負極位置，銅棒連接正極位置。
5		以三用電錶量測電量，以 30 分鐘間隔連續記錄六次，觀察其變化。





三、 實驗一

探討使用金屬橋對鋅銅電池的影響，實驗裝置如下。本實驗使用銅、鉛、鐵、鎂等金屬線，本想也以電位小於銅的金屬實驗，但因太昂貴而從略。



(一) 金屬量測

1. 銅、鐵、鉛線

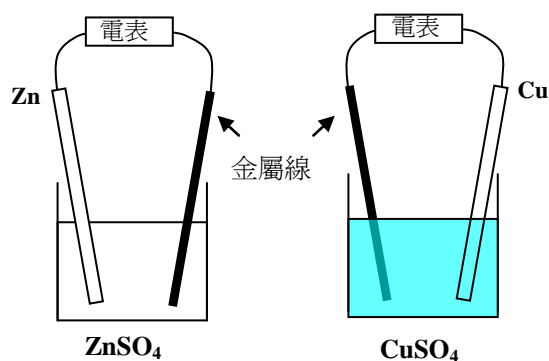
順序	相片	作法
1		取銅、鉛、鐵線各 320.0mm，用砂紙磨光，距兩端 63.3mm 處作記號。
2		將金屬線插入紙板中十字，並將金屬線作記號處定於燒杯 80.0ml 刻度，再將金屬線固定於紙板。
3		鋅棒端放入硫酸鋅水溶液，銅棒端放入硫酸銅水溶液，再將紙板固定。接上三用電錶，鋅棒連接負極位置，銅棒連接正極位置。
4		以三用電錶量測電量，以 30 分鐘間隔連續記錄六次，觀察其變化。

2. 鎂帶量測

順序	相片	作法
1		取鎂帶 320.0mm，距兩端 51.6mm 處作記號。
2		將鎂帶插入紙板中十字，並將鎂帶作記號處定於燒杯 80.0ml 刻度，再將鎂帶固定於紙板。
3		鋅棒端放入硫酸鋅水溶液，銅棒端放入硫酸銅水溶液，再將紙板固定。接上三用電錶，鋅棒連接負極位置，銅棒連接正極位置。
4		以三用電錶量測電量，以 30 分鐘間隔連續記錄六次，觀察其變化。

四、 實驗二

討論過後，決定把電池分成左右兩組獨立電池，以驗證用金屬作橋的鋅銅電池，實際上是兩個伏打電池或者一個伏打電池及電解槽的想法。實驗裝置如下。



(一) 金屬量測

1. 銅、鉛、鐵線量測

順序	相片		作法	
1				取銅、鉛、鐵線各 160.0mm 兩條，用砂紙磨光，距一端 63.3mm 處作記號。
2				將金屬線插入紙板中十字，並將金屬線作記號處定於燒杯 80.0ml 刻度，再將金屬線固定於紙板。
3	硫酸鋅 	硫酸銅 	鋅棒組放入硫酸鋅水溶液，銅棒組放入硫酸銅水溶液，分別接上三用電錶。鋅棒連接負極位置，另一端金屬線連接正極位置。銅棒連接正極位置，另一端金屬線連接負極位置。	
4			以三用電錶量測電量，以 30 分鐘間隔連續記錄六次，觀察其變化。	


2. 鎂帶量測

順序	相片	作法
1		取鎂帶 160.0mm 兩條，距兩端 51.6mm 處作記號。
2		將鎂帶插入紙板中十字，並將鎂帶作記號處定於燒杯 80.0ml 刻度，再將鎂帶固定於紙板。
3	硫酸鋅	  <p>鋅棒組放入硫酸鋅水溶液，銅棒組放入硫酸銅水溶液，分別接上三用電錶。鋅棒連接負極位置，另一端鎂帶連接正極位置。銅棒連接正極位置，另一端鎂帶連接負極位置。</p>
	硫酸銅	
4	 	以三用電錶量測電量，以 30 分鐘間隔連續記錄六次，觀察其變化。

伍、 研究結果

一、 實驗狀況與說明

(一) 對照組---鹽橋
無明顯變化。

	實驗中
以硝酸鉀水溶液作橋	

(二) 實驗一

1. 銅橋

銅棒表面有少許黑色顆粒。

2. 鉛橋













銅棒表面有少許黑色顆粒，硫酸銅中鉛線表面覆蓋一層銅粉。

3. 鐵橋

銅棒表面覆蓋一層銅粉，硫酸銅中鐵線變細且覆蓋一層銅粉。硫酸銅溶液顏色由藍轉黃。









4. 鎂橋

銅棒表面覆蓋一層銅粉，硫酸鋅中鎂帶表面且覆蓋一層鋅粉(脫落)，硫酸銅中鎂帶表面覆蓋幾團極為疏鬆之銅粉(脫落)，兩端皆冒氣泡。兩杯溶液混濁，硫酸銅溶液顏色變淡。

	0min	60min	150 分鐘結束後
1. 銅橋			
2. 鉛橋			
3. 鐵橋			
4. 鎂橋			

(三) 實驗二

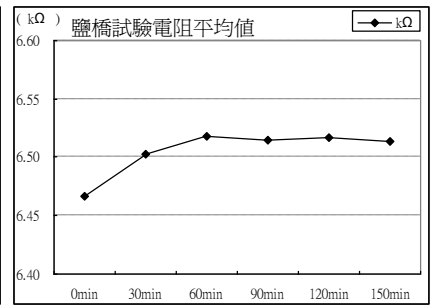
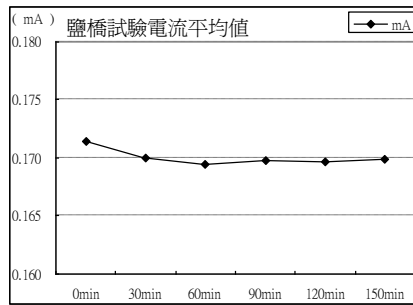
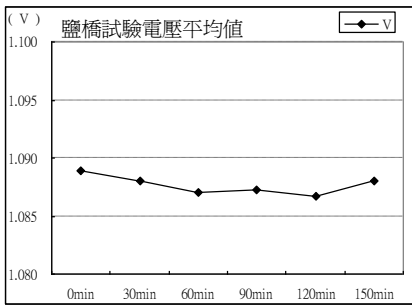
1. 銅線 硫酸鋅 鋅棒(Zn-Cu 電池)
無觀察到明顯變化。
2. 銅線 硫酸銅 銅棒(Cu-Cu 電池)
無觀察到明顯變化。
3. 鉛線 硫酸鋅 鋅棒(Zn-Pb 電池)
無觀察到明顯變化。
4. 鉛線 硫酸銅 銅棒(Pb-Cu 電池)
銅棒表面有少許黑色顆粒，鉛線表面覆蓋一層銅粉。
5. 鐵線 硫酸鋅 鋅棒(Zn-Fe 電池)
無觀察到明顯變化。
6. 鐵線 硫酸銅 銅棒(Fe-Cu 電池)
銅棒表面覆蓋一層銅粉，鐵線表面覆蓋一層銅粉，硫酸銅溶液顏色略由藍轉青。
7. 鎂帶 硫酸鋅 鋅棒(Zn-Mg 電池)
鋅棒表面覆蓋一層鋅粉，鎂帶表面變白且覆蓋一層鋅粉(脫落)且冒氣泡。
8. 鎂帶 硫酸銅 銅棒(Mg-Cu 電池)
銅棒表面覆蓋一層銅粉，鎂帶表面變白覆蓋幾團極為疏鬆之銅粉(脫落)且冒氣泡，硫酸銅溶液顏色變淡。

		150 分鐘結束後	
1.銅線 硫酸鋅 鋅棒		2.銅線 硫酸銅 銅棒	
3.鉛線 硫酸鋅 鋅棒		4.鉛線 硫酸銅 銅棒	
5.鐵線 硫酸鋅 鋅棒		6.鐵線 硫酸銅 銅棒	
7.鎂帶 硫酸鋅 鋅棒		8.鎂帶 硫酸銅 銅棒	

二、 電壓、電流、電阻變化圖(每 30 分鐘測一次)

詳細數據請參附錄

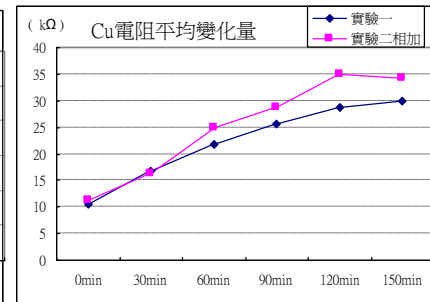
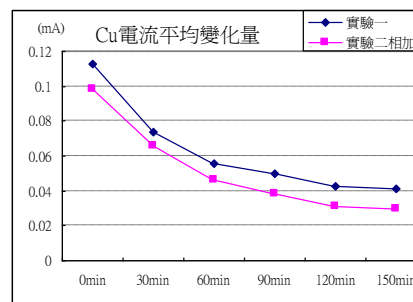
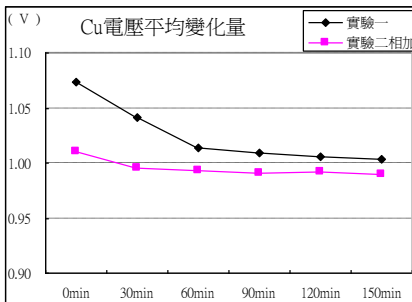
(一) 對照組 鹽橋



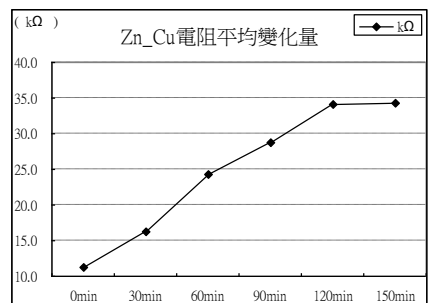
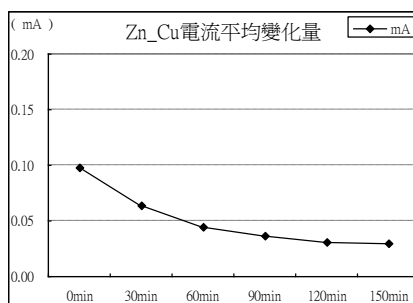
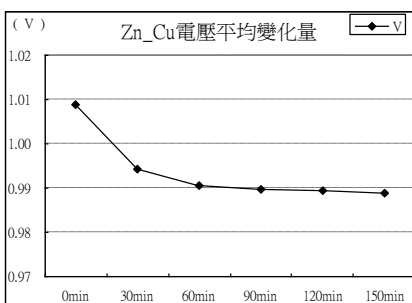
(二) 實驗一、實驗二

第一列為實驗一數據圖，圖表中粉紅色線為實驗二兩電池相加之數據，我們發現實驗一與實驗二圖走勢頗相似。

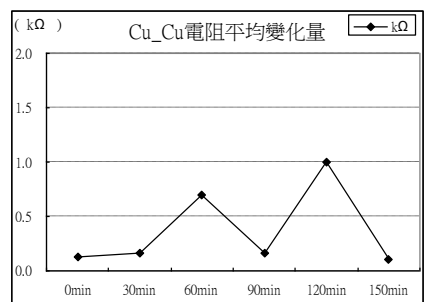
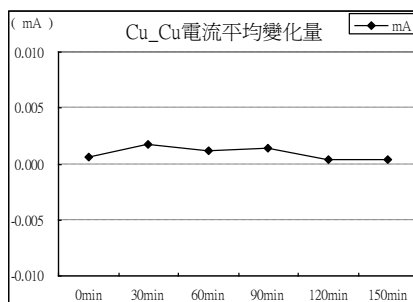
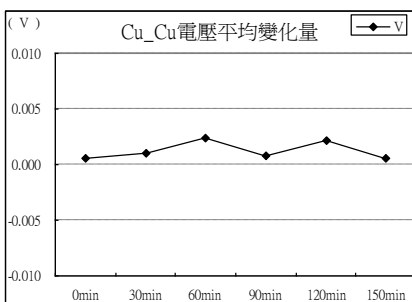
1. 銅橋



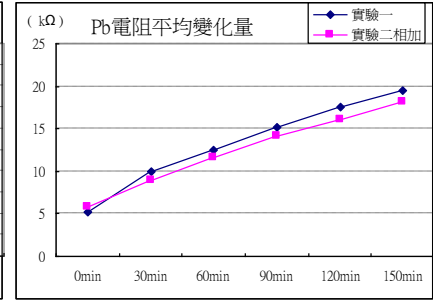
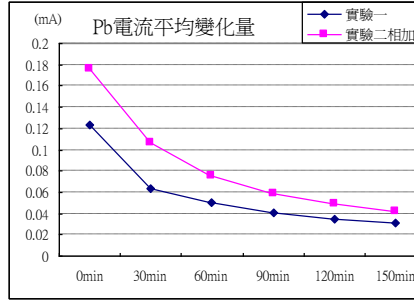
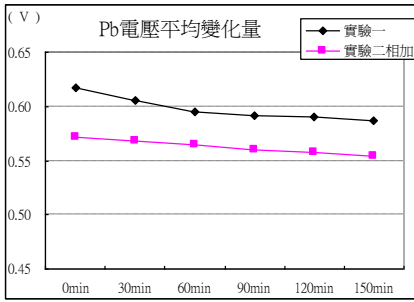
Zn Cu



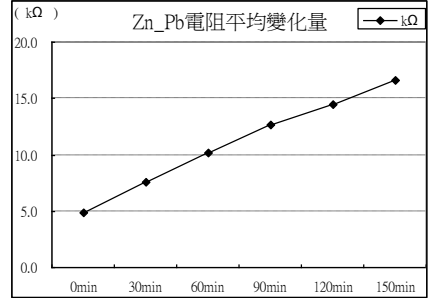
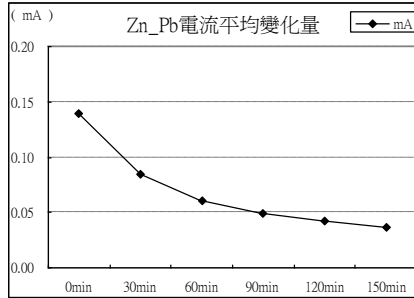
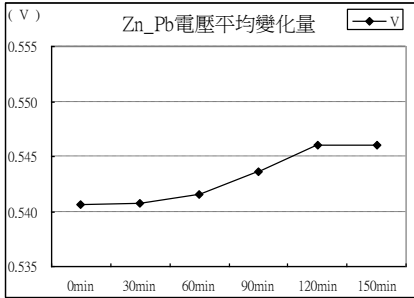
Cu Cu



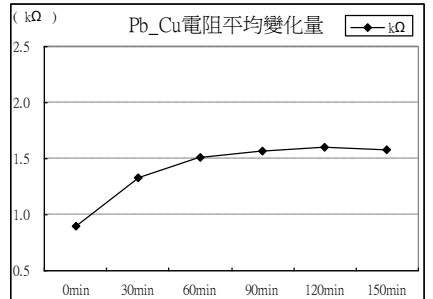
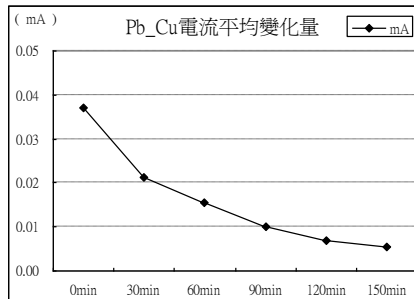
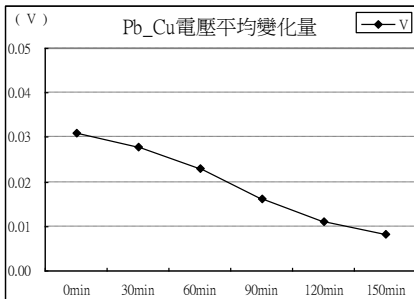
2. 鉛橋



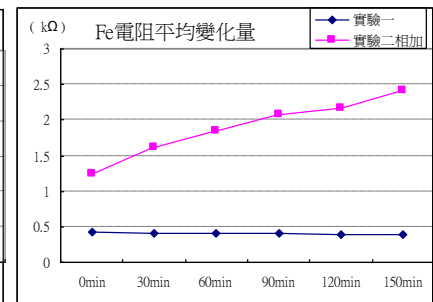
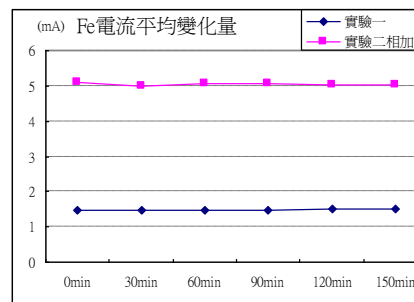
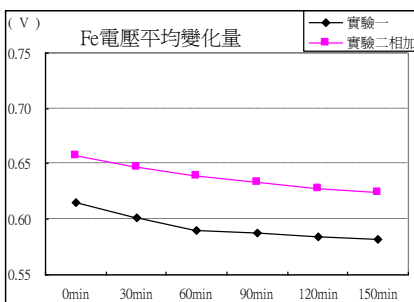
Zn Pb



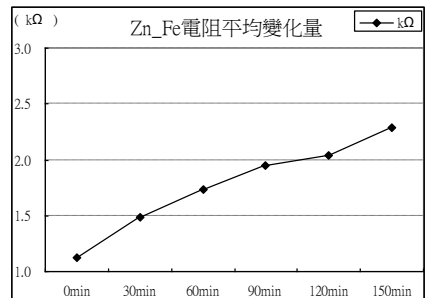
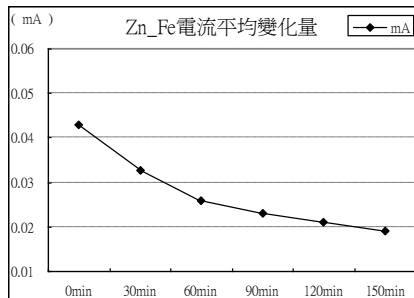
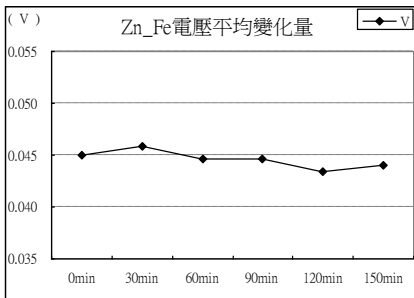
Pb Cu



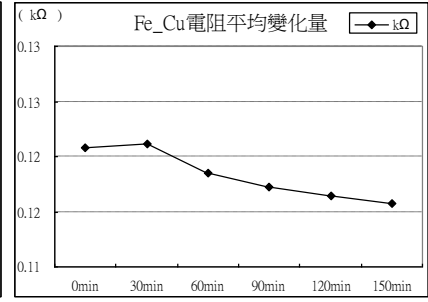
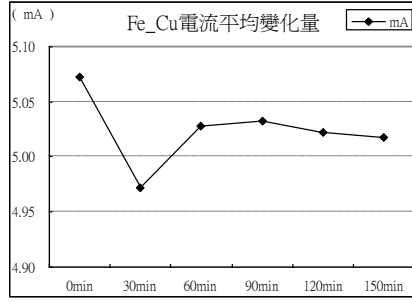
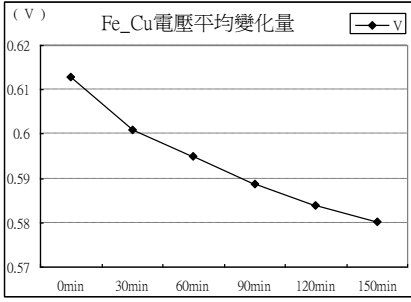
3. 鐵橋



Zn Fe

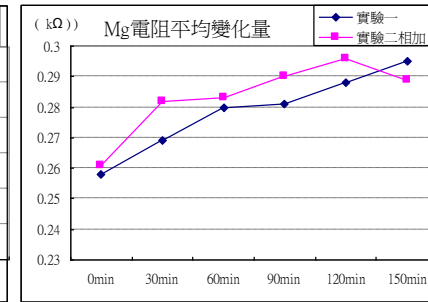
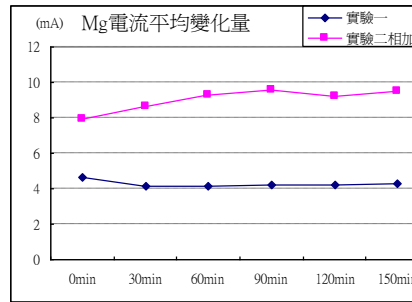
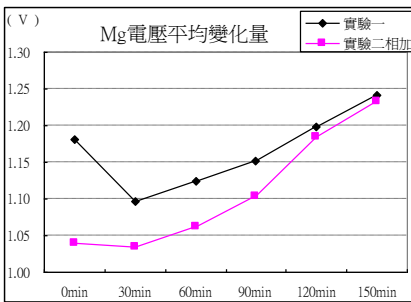


Fe Cu

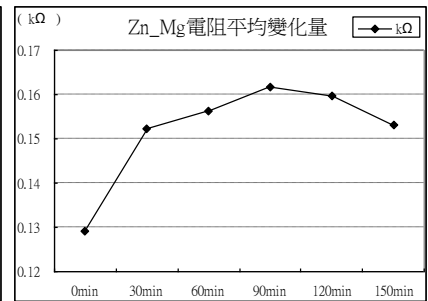
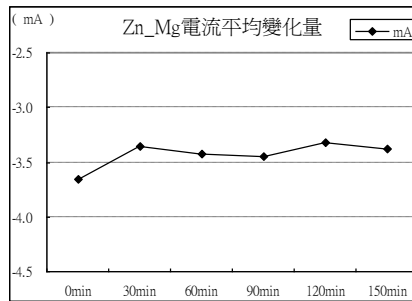
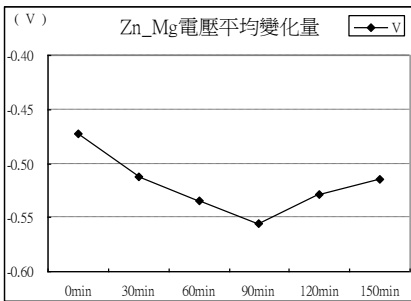


4. 鎂橋

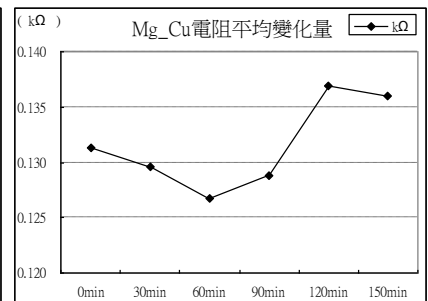
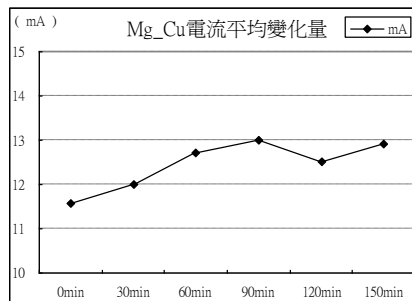
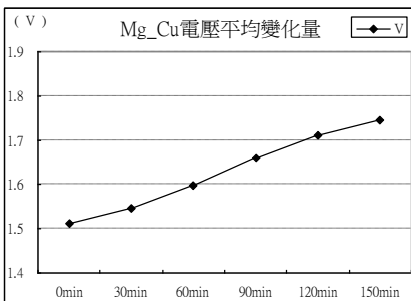
因鎂帶數據極不穩定，故用各項平均值繪製。



Zn Mg



Mg Cu



(註：Zn Mg 為反接電池，其電壓、電流為負)

陸、 討論

一、 表面積控制

討論控制浸入溶液表面積為 320mm^2 ：

材料	深度(mm)	面積(mm^2)
銅棒、鋅棒	11.1	$3.9*3.9*3.14+7.8*3.14*11.1=320$
銅線、鐵線、鉛線	63.3	$0.8*0.8*3.14+1.6*3.14*63.3=320$
鎂帶	51.6	$3.0*0.1+(3.0+0.1)*2*51.6=320$

二、 實驗一

我們依照基測試題敘述架構此實驗，並以紙板製成支撐(參 P4)使金屬棒不滑落。

三、 實驗二

在實驗一中，無論以何種金屬連接兩杯溶液皆有電流通過。這和我們所認知的鹽橋功能相抵觸。鹽橋的功能有：一是保持通路，二是平衡左右溶液正負離子電荷保持電中性。一般認為金屬雖可導電，卻不會主動生成離子，因此不會導致電流產生。我們認為把它看成左右兩個伏打電池或電解槽串聯是可能的解釋。於是我們設計實驗二，把實驗一當成兩個實驗二的組合。

四、 解釋與猜測

經過整理，以下是我們對各實驗狀況及數據的解釋：

(一) 對照組

圖表上兩個半小時實驗所得到的數據圖接近一直線。這說明了標準鋅銅電池的壽命及穩定性皆優於以金屬作橋。

(二) 實驗一

1. 銅橋

電壓平穩下降在一伏特左右，初始電壓接近標準鋅銅電池但其電阻值由 $10\text{ k}\Omega$ 快速地增強至接近 $30\text{ k}\Omega$ 。猜測可能是溶液中兩端電極分別吸引正負離子時使負極周圍正離子濃度減少，正極周圍負離子濃度減少。負極在進行還原時需要金屬離子，當離子濃度降低，進行電子交換的速率慢下來，電池內電阻增加；相對的，正極進行氧化時如果周圍的金屬離子濃度大於負離子濃度，也會減慢反應。我們認為此現象可能影響電池電壓及電阻。電流在放電數小時後減弱許多，效能不佳，壽命比對照組短，並不是實用的電池。

2. 鉛橋

電壓比以銅作橋時小，我們對此討論，猜測當鉛橋置入硫酸銅溶液中時，由於反應緩慢，產生的銅會附著在鉛線上(較密)，減少與硫酸銅接觸之表面積使電壓比以銅作橋弱。我們經由實驗二確定此反應與鉛-銅離子的置換反應有關。因電壓電流小，亦不能實用。

3. 鐵橋

電壓比以鉛作橋時小。發現電流在兩小時後有回升，電阻從十分小($0.4\text{ k}\Omega$)，並且持續減少！且在電流圖中，發現實驗一與二電流差距甚大！我們不能對這些現象提出完善解釋。就可能情況目前只能猜測：鐵-銅離子反應成為銅-鐵離子後，鐵

離子干擾了正常的電池放電(硫酸銅溶液因此略帶青色)。硫酸鐵可能較硫酸銅易導電，鐵離子增加而電阻降低。又實驗二兩電池串聯時，在鐵上沉積銅之多少亦可能影響。

4. 鎂橋

在金屬橋電池中鎂橋反應最強烈。鎂與硫酸鋅、硫酸銅反應產生大量氣體阻礙置換反應產生的鋅及銅附著。我們推測產生的氣體應是氫；使用試紙檢測硫酸銅、硫酸鋅呈酸性，當鎂接觸酸液時會自發的還原氫離子。

鋅、銅自鎂帶上掉落時裸露未氧化的鎂，使反應數據不會停在定值(各項數據上下晃動)，我們只能取其最高與最低的數據。

電壓明顯上升，電壓及電流都幾乎比標準鋅銅電池高一倍！鎂電極的反應極快，相對的其他變因影響越大。可能的原因如下：

- (1) 附著的銅或鋅脫落時，裸露出的鎂帶表面積比原先更大，表面積增加使反應速率增快，電壓增加。由於電表上的數字最快每半秒跳一次，故無法看出金屬脫落時電壓變化量詳細情況如何。
- (2) 氫氣不斷釋放，將燒杯內兩極正負離子重新混合，減少濃度差。
- (3) 若第 1 條成立，那麼由於鎂與鋅、銅電位差大，鋅、銅棒上也會沉積，使表面積增加。

未來可往以上各方面探討此現象

(三) 實驗二

1. 銅線 硫酸鋅 鋅棒(Zn-Cu 電池)

在標準鋅銅電池中，負極反應 $Zn \rightarrow Zn^{2+} + 2e^-$ ，正極反應 $Cu^{2+} + 2e^- \rightarrow Cu$ 。但在銅線鋅棒電池中正極無銅離子可還原。我們認為溶液中的氫離子代替了銅離子參與反應。但我們並未在實驗中看見正極冒泡，可能是電流太弱導致冒泡不明顯。各項數值接近實驗一銅橋。

2. 銅線 硫酸銅 銅棒(Cu-Cu 電池)

數值結果極接近 0，證明銅線 硫酸銅 銅棒本身是不發電的。

3. 鉛線 硫酸鋅 鋅棒(Zn-Pb 電池)

電壓弱但穩定略有回升。內電阻上升，耗電很快。

4. 鉛線 硫酸銅 銅棒(Pb-Cu 電池)

電壓弱。我們推斷實驗一中鉛橋電池電壓也主要受其影響。電壓電流快速減弱，很快趨近 0。

5. 鐵線 硫酸鋅 鋅棒(Zn-Fe 電池)

電壓弱，電流下降至趨近 0，耗電快。

6. 鐵線 硫酸銅 銅棒(Fe-Cu 電池)

電阻有下降情形，推斷電阻的回升與鐵-銅離子的置換有關。

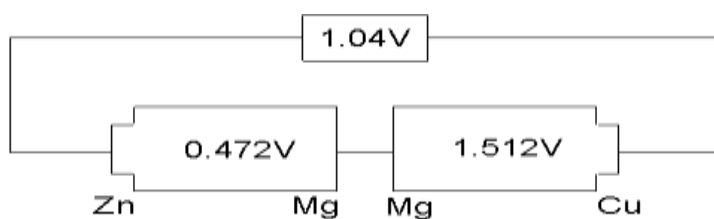
7. 鎂帶 硫酸鋅 鋅棒(Zn-Mg 電池)

電阻上升之後再下降。對此我們提不出任何合理之解釋。跳動變化量大。

8. 鎂帶 硫酸銅 銅棒(Mg-Cu 電池)

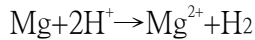
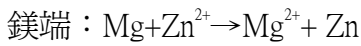
電壓電流不斷上升，可能的原因同前述。跳動變化量大。

由實驗一鎂橋電池的數據分析，此電池可視為 Mg Zn 電池和 Mg Cu 電池反接成如圖：



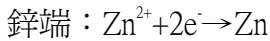
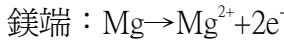
當兩電池反接其電流會相互抵消。現將此反應分述：

鎂鋅電池的置換反應(電流不經導線)：



結果：鎂帶變薄，鎂上析出鋅及氫氣。

鎂鋅電池的氧化還原(電流經導線)：

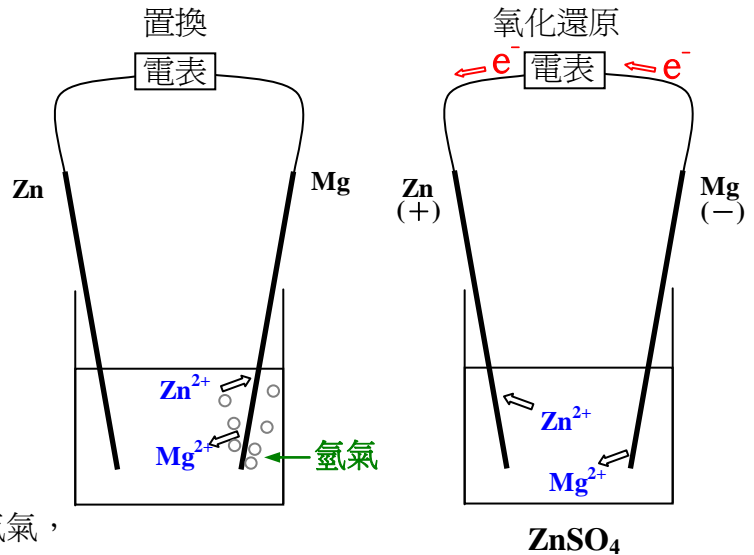


在此鎂是負極，鋅是正極。

外線電子流由 Mg 流向 Zn。

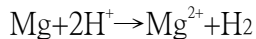
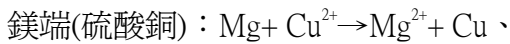
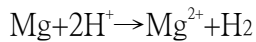
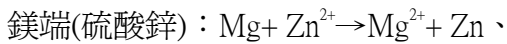
結果：鎂帶變薄，鋅上析出鋅。

加總結果：鎂帶變薄，鎂上析出鋅及氫氣，
鋅上析出鋅。



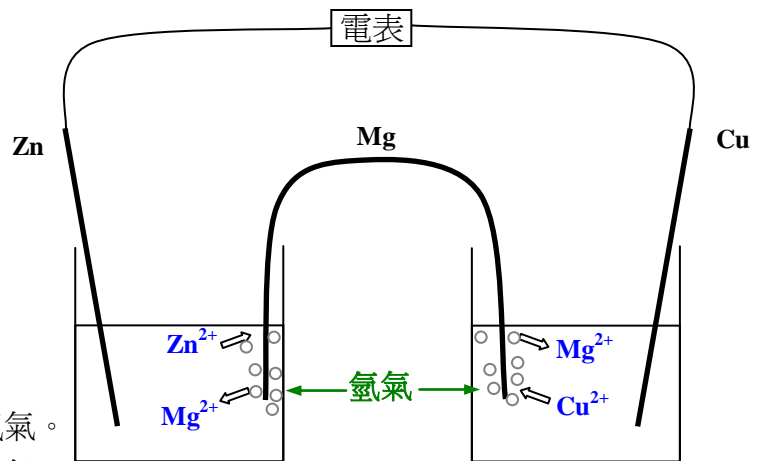
鎂橋電池的置換反應

(電流不經導線)：



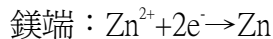
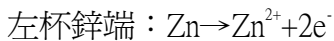
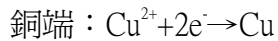
結果：左杯鎂帶變薄，鎂上析出鋅及氫氣。

右杯鎂帶變薄，鎂上析出銅及氫氣。



鎂橋電池的氧化還原

(電流經導線)：



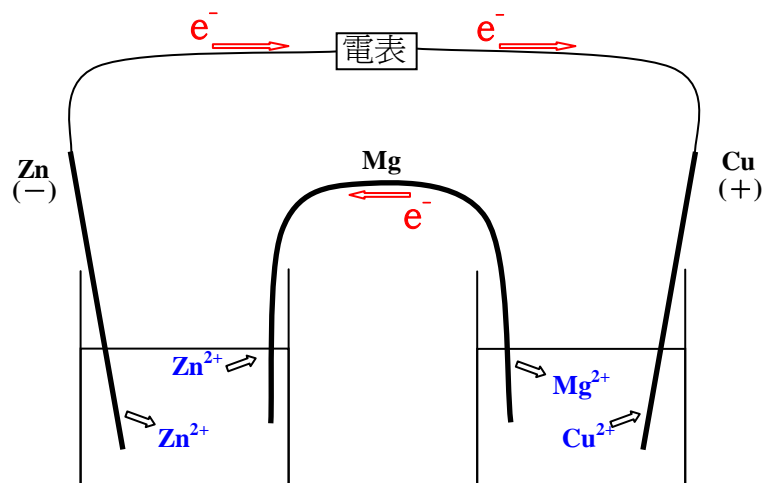
在此鋅是負極，銅是正極。

外線電子流從 Zn 流向 Cu。鎂橋電子從右流向左。

左杯(鋅鎂電池)被電壓較大的右杯(鎂銅電池)逆推，讓左杯中原本負極的鎂成正極，原本正極的鋅成負極。

加總結果：右杯鎂帶變薄，鎂上析出銅及氫氣，銅上析出銅。

左杯鎂帶變薄，鎂上析出鋅及氫氣 (析出量比單杯鋅鎂電池多)，鋅棒變輕。



在 P13 圖中，實驗一與實驗二的藍紅線走勢相似，支持我們將鎂橋電池視為鋅鎂電池和鎂銅電池反接而成的想法。

實驗一與實驗二的電壓一開始相差較多(約 0.14V)，可能是因為當兩杯串聯時鋅鎂電池被逆推，單杯時原本附在鋅棒上的鋅改附在鎂上。表面積減少，電壓可能減弱。

五、 氧化電位：



六、 金屬橋電池的放電

在網路上也有人曾對此基測試題討論，他們認為即使產生電流，電極上堆積的金屬也會立即覆蓋電極，電壓將瞬間降至零。另一說法是，它不具鹽橋補充離子的功能，當正負離子總電荷不相等，電路會斷開。經由我們實驗，發現**並無瞬間電流**，在兩個半小時後仍放電。推測原因為：

(一) 電極堆積的金屬團太疏鬆，溶液仍可與電極反應而不斷電。

(二) 伏打電池中，一電極的還原必然伴隨另一電極的氧化。氧化產生的離子電量等於還原的離子電量，因此不會產生正負離子總電量不相等的現象。

七、 比較標準鋅銅電池與金屬橋電池：

	連接燒杯	發電	電流穩定性	單杯發電	壽命
標準鋅銅電池	電解質水溶液	可	佳	否	長
金屬橋電池	金屬	可	差	可	短

柒、 結論

經由本實驗，讓我們知道鋅銅電池的鹽橋換成金屬導線後能產生持續的電流。若以鐵、鎂等活性較大的金屬作橋，電流不降反升。

對以上的實驗結果分析得到以下結論：

- 一、 以金屬橋代替鹽橋，不同金屬的結果不同，在本實驗中鎂橋供電最強鉛橋最弱。
- 二、 由實驗二證，實驗一兩杯為兩個伏打電池的組合有電流產生。
- 三、 金屬橋電池的放電不因金屬團堆積或離子不平衡而斷電。
- 四、 活性愈大的金屬作橋其電流愈不穩定。
- 五、 在硫酸鋅中，如正電極棒氧化電位小於鋅則由氫離子代替還原。
- 六、 鎂銅電池、鋅鎂電池電壓增加可能原因：
 - (一) 脫落的金屬團裸露鎂，表面積增加。
 - (二) 氫的釋放使濃度平均。
 - (三) 電極棒沉積，表面積增加。
- 七、 置換反應後，覆蓋的金屬可能使電壓減弱。

某些金屬橋電池功效雖然大過標準鋅銅電池，但電壓電流不穩定，不實用。以後可多研究，希望能改良此類電池增進穩定性，創造效率高的金屬橋電池！

捌、 參考資料及其他

書籍

- 一、 電化學—基本原理與應用，田福助編著，臺北市，五洲出版社。
- 二、 國中自然與生活科技理化篇總整理，江青釗、陳忠城編著，臺北縣，明霖文教。

網站

- 三、 國立臺灣科學教育館
- 四、 維基百科
- 五、 翰林我的網

附件表

一、 各項數據

(一) 對照組 鹽橋

電壓(V)

電流(mA)

No	0min	30min	60min	90min	120min	150min	No	0min	30min	60min	90min	120min	150min
1	1.091	1.089	1.088	1.089	1.088	1.090	1	0.135	0.135	0.134	0.134	0.134	0.135
2	1.087	1.080	1.080	1.078	1.075	1.076	2	0.177	0.173	0.172	0.172	0.172	0.172
3	1.076	1.084	1.086	1.088	1.087	1.090	3	0.213	0.209	0.210	0.213	0.213	0.214
4	1.112	1.107	1.100	1.099	1.098	1.101	4	0.182	0.181	0.180	0.180	0.180	0.181
5	1.089	1.092	1.092	1.093	1.092	1.093	5	0.163	0.163	0.163	0.162	0.162	0.162
6	1.090	1.081	1.079	1.078	1.080	1.081	6	0.190	0.188	0.186	0.185	0.185	0.184
7	1.080	1.082	1.083	1.085	1.084	1.084	7	0.154	0.153	0.153	0.153	0.153	0.153
8	1.086	1.089	1.088	1.088	1.090	1.089	8	0.157	0.158	0.158	0.159	0.158	0.158
平均	1.089	1.088	1.087	1.087	1.087	1.088	平均	0.171	0.170	0.170	0.170	0.170	0.170

電阻(kΩ)

No	0min	30min	60min	90min	120min	150min
1	8.081	8.067	8.119	8.127	8.119	8.074
2	6.141	6.243	6.279	6.267	6.250	6.256
3	5.052	5.187	5.171	5.108	5.103	5.093
4	6.110	6.116	6.111	6.106	6.100	6.083
5	6.681	6.699	6.699	6.747	6.741	6.747
6	5.737	5.750	5.801	5.827	5.838	5.875
7	7.013	7.072	7.078	7.092	7.085	7.085
8	6.917	6.892	6.886	6.843	6.899	6.892
平均	6.467	6.503	6.518	6.515	6.517	6.513

(二)實驗一 銅線作橋

電壓(V)

電流(mA)

No	電壓(V)						No	電流(mA)					
	0min	30min	60min	90min	120min	150min		0min	30min	60min	90min	120min	150min
1	1.045	1.059	1.056	1.054	1.051	1.051	1	0.282	0.225	0.175	0.164	0.153	0.136
2	1.022	1.010	1.032	1.032	1.033	1.030	2	0.094	0.042	0.064	0.054	0.056	0.05
3	1.046	1.040	1.038	1.037	1.037	1.036	3	0.098	0.066	0.051	0.044	0.041	0.037
4	1.045	1.020	1.015	1.011	1.008	1.014	4	0.085	0.064	0.051	0.046	0.042	0.04
5	1.021	0.989	0.986	0.991	0.990	0.992	5	0.114	0.087	0.057	0.044	0.039	0.035
6	1.029	1.020	1.016	1.015	1.020	1.015	6	0.145	0.081	0.052	0.042	0.038	0.032
7	1.117	1.076	1.008	1.007	0.988	0.985	7	0.077	0.055	0.035	0.032	0.028	0.025
8	1.128	1.068	0.990	0.997	0.996	0.994	8	0.135	0.064	0.053	0.08	0.041	0.04
9	1.046	1.028	0.989	0.988	0.993	0.993	9	0.076	0.039	0.026	0.024	0.022	0.022
10	1.063	1.046	1.017	0.992	0.990	0.981	10	0.092	0.057	0.052	0.034	0.032	0.037
11	1.010	0.973	0.988	0.978	0.966	0.956	11	0.09	0.066	0.042	0.038	0.035	0.029
12	1.200	1.120	0.991	0.973	0.972	0.973	12	0.091	0.081	0.05	0.036	0.027	0.035
13	1.156	1.146	1.088	1.073	1.065	1.053	13	0.093	0.045	0.034	0.026	0.026	0.024
14	1.114	0.982	0.980	0.977	0.979	0.982	14	0.107	0.065	0.039	0.029	0.028	0.027
15	1.037	1.027	1.01	0.988	0.975	0.998	15	0.097	0.072	0.044	0.034	0.026	0.035
平均	1.072	1.040	1.014	1.008	1.004	1.004	平均	0.112	0.074	0.055	0.048	0.042	0.040

電阻(k Ω)

No	0min	30min	60min	90min	120min	150min
1	3.706	4.707	6.034	6.427	6.869	7.728
2	10.872	24.048	16.125	19.111	18.446	20.600
3	10.673	15.758	20.353	23.568	25.293	28.000
4	12.294	15.938	19.902	21.978	24.000	25.350
5	8.956	11.368	17.298	22.523	25.385	28.343
6	7.097	12.593	19.538	24.167	26.842	31.719
7	14.506	19.564	28.800	31.469	35.286	39.400
8	8.356	16.688	18.679	12.463	24.293	24.850
9	13.763	26.359	38.038	41.167	45.136	45.136
10	11.554	18.351	19.558	29.176	30.938	26.514
11	11.222	14.742	23.524	25.737	27.600	32.966
12	13.187	13.827	19.820	27.028	36.000	27.800
13	12.430	25.467	32.000	41.269	40.962	43.875
14	10.411	15.108	25.128	33.690	34.964	36.370
15	10.691	14.264	22.955	29.059	37.500	28.514
平均	10.648	16.585	21.850	25.922	29.301	29.811

(三)實驗一 鉛線作橋

電壓(V)

電流(mA)

No	0min	30min	60min	90min	120min	150min	No	0min	30min	60min	90min	120min	150min
1	0.632	0.603	0.595	0.58	0.572	0.565	1	0.103	0.043	0.039	0.031	0.025	0.022
2	0.655	0.645	0.618	0.613	0.604	0.602	2	0.178	0.081	0.065	0.057	0.042	0.038
3	0.580	0.579	0.584	0.588	0.592	0.594	3	0.109	0.063	0.044	0.036	0.033	0.031
4	0.563	0.554	0.559	0.583	0.603	0.603	4	0.116	0.071	0.059	0.056	0.052	0.038
5	0.608	0.601	0.602	0.598	0.596	0.592	5	0.074	0.039	0.036	0.028	0.025	0.023
6	0.657	0.644	0.617	0.604	0.603	0.598	6	0.141	0.082	0.064	0.051	0.042	0.038
7	0.643	0.635	0.623	0.608	0.61	0.594	7	0.135	0.077	0.056	0.042	0.036	0.032
8	0.614	0.604	0.581	0.579	0.574	0.573	8	0.125	0.060	0.055	0.042	0.035	0.031
9	0.598	0.600	0.583	0.583	0.582	0.585	9	0.139	0.080	0.061	0.052	0.046	0.042
10	0.606	0.554	0.533	0.524	0.523	0.52	10	0.108	0.048	0.036	0.032	0.029	0.026
11	0.592	0.590	0.590	0.591	0.590	0.591	11	0.135	0.051	0.032	0.029	0.024	0.022
12	0.641	0.617	0.595	0.591	0.585	0.591	12	0.140	0.089	0.061	0.053	0.042	0.039
13	0.661	0.665	0.658	0.648	0.637	0.627	13	0.125	0.063	0.050	0.039	0.034	0.031
14	0.581	0.589	0.587	0.585	0.582	0.581	14	0.095	0.051	0.041	0.032	0.029	0.026
15	0.598	0.585	0.582	0.584	0.584	0.583	15	0.244	0.153	0.104	0.074	0.06	0.057
平均	0.615	0.604	0.594	0.591	0.589	0.587	平均	0.131	0.070	0.054	0.044	0.037	0.033

電阻(k Ω)

No	0min	30min	60min	90min	120min	150min
1	6.136	14.023	15.256	18.710	22.880	25.682
2	3.680	7.963	9.508	10.754	14.381	15.842
3	5.321	9.190	13.273	16.333	17.939	19.161
4	4.853	7.803	9.475	10.411	11.596	15.868
5	8.216	15.410	16.722	21.357	23.840	25.739
6	4.660	7.854	9.641	11.843	14.357	15.737
7	4.763	8.247	11.125	14.476	16.944	18.563
8	4.912	10.067	10.564	13.786	16.400	18.484
9	4.302	7.500	9.557	11.212	12.652	13.929
10	5.611	11.542	14.806	16.375	18.034	20.000
11	4.385	11.569	18.438	20.379	24.583	26.864
12	4.579	6.933	9.754	11.151	13.929	15.154
13	5.288	10.556	13.160	16.615	18.735	20.226
14	6.116	11.549	14.317	18.281	20.069	22.346
15	2.451	3.824	5.596	7.892	9.733	10.228
平均	5.202	10.015	12.542	15.120	17.596	19.542

(四)實驗一 鐵線作橋

電壓(V)

電流(mA)

No	0min	30min	60min	90min	120min	150min	No	0min	30min	60min	90min	120min	150min
1	0.555	0.565	0.564	0.575	0.575	0.57	1	1.410	1.271	1.325	1.319	1.38	1.414
2	0.610	0.559	0.563	0.573	0.573	0.572	2	1.377	1.376	1.405	1.429	1.455	1.481
3	0.587	0.559	0.554	0.559	0.559	0.545	3	1.237	1.275	1.354	1.367	1.463	1.411
4	0.581	0.575	0.575	0.574	0.571	0.575	4	1.539	1.562	1.570	1.578	1.606	1.615
5	0.569	0.559	0.565	0.565	0.564	0.569	5	1.374	1.414	1.428	1.443	1.455	1.475
6	0.618	0.618	0.577	0.583	0.585	0.581	6	1.267	1.391	1.363	1.368	1.391	1.417
7	0.612	0.608	0.601	0.582	0.582	0.578	7	1.546	1.603	1.632	1.606	1.596	1.611
8	0.645	0.621	0.603	0.605	0.578	0.577	8	1.914	1.807	1.621	1.625	1.749	1.766
9	0.628	0.628	0.611	0.607	0.606	0.607	9	1.426	1.460	1.461	1.465	1.478	1.486
10	0.638	0.635	0.611	0.608	0.605	0.600	10	1.652	1.548	1.553	1.490	1.487	1.467
11	0.618	0.615	0.596	0.584	0.569	0.571	11	1.485	1.493	1.513	1.493	1.458	1.478
12	0.673	0.629	0.592	0.583	0.585	0.577	12	1.626	1.617	1.477	1.536	1.563	1.550
13	0.683	0.670	0.653	0.647	0.638	0.635	13	1.452	1.453	1.464	1.472	1.478	1.482
14	0.593	0.591	0.592	0.591	0.590	0.589	14	1.396	1.345	1.386	1.404	1.432	1.458
15	0.895	0.59	0.579	0.584	0.577	0.586	15	4.38	3.18	3.1	3.27	3.24	3.35
平均	0.634	0.601	0.589	0.588	0.584	0.582	平均	1.672	1.586	1.577	1.591	1.615	1.631

電阻(k Ω)

No	0min	30min	60min	90min	120min	150min
1	0.394	0.445	0.426	0.436	0.417	0.403
2	0.443	0.406	0.401	0.401	0.394	0.386
3	0.475	0.438	0.409	0.409	0.382	0.386
4	0.378	0.368	0.366	0.364	0.356	0.356
5	0.414	0.395	0.396	0.392	0.388	0.386
6	0.488	0.444	0.423	0.426	0.421	0.410
7	0.396	0.379	0.368	0.362	0.365	0.359
8	0.337	0.344	0.372	0.372	0.330	0.327
9	0.440	0.430	0.418	0.414	0.410	0.408
10	0.386	0.410	1.146	0.408	0.407	0.409
11	0.416	0.412	0.394	0.391	0.390	0.386
12	0.414	0.389	0.401	0.380	0.374	0.372
13	0.470	0.461	0.446	0.440	0.432	0.428
14	0.425	0.439	0.427	0.421	0.412	0.404
15	0.204	0.186	0.187	0.179	0.178	0.175
平均	0.405	0.396	0.388	0.386	0.377	0.373

(五)實驗一 鎂帶作橋

電壓(V)

電流(mA)

No	0min	30min	60min	90min	120min	150min	No	0min	30min	60min	90min	120min	150min
1	1.135~1.148	1.058~1.092	1.052~1.083	1.127~1.160	1.149~1.189	1.147~1.168	1	4.65~4.77	4.30~4.46	3.99~4.14	4.05~4.28	4.06~4.38	4.25~4.30
2	1.132~1.186	1.031~1.043	1.030~1.063	1.138~1.181	1.139~1.162	1.187~1.268	2	5.30~5.46	4.13~4.36	4.39~4.45	4.80~4.93	4.62~4.84	4.71~4.85
3	1.125~1.138	1.010~1.056	1.127~1.141	1.086~1.132	1.039~1.067	1.175~1.270	3	4.51~4.57	3.98~4.12	4.46~4.55	4.35~4.71	4.05~4.14	3.30~4.67
4	1.118~1.149	1.051~1.078	1.093~1.113	1.203~1.227	1.225~1.243	1.296~1.317	4	4.72~4.76	4.14~4.36	4.13~4.27	4.43~4.67	4.68~4.78	4.56~4.79
5	1.163~1.185	1.059~1.075	1.088~1.030	1.127~1.130	1.220~1.223	1.221~1.226	5	4.51~4.65	3.93~4.06	4.17~4.20	4.47~4.51	4.50~4.51	4.57~4.65
6	1.270~1.281	1.210~1.219	1.162~1.720	1.173~1.178	1.236~1.283	1.238~1.241	6	4.34~4.35	3.86~3.91	3.91~3.94	3.98~3.99	4.13~4.14	4.20~4.21
7	1.176~1.183	1.089~1.097	1.095~1.030	1.112~1.121	1.174~1.186	1.048~1.078	7	3.75~3.76	3.26~3.27	3.24~3.29	3.14~3.16	2.96~3.04	2.83~2.84
8	1.127~1.134	1.072~1.092	1.229~1.254	1.221~1.244	1.299~1.302	1.381~1.402	8	5.18~5.52	4.50~4.57	4.61~4.66	4.82~4.86	4.85~4.90	5.37~5.42
9	1.205~1.224	1.127~1.130	1.037~1.055	1.075~1.114	1.228~1.233	1.217~1.223	9	4.03~4.19	3.41~3.45	2.46~2.52	3.30~3.39	3.9~.93	3.41~3.47
10	1.027~1.037	1.168~1.169	1.136~1.183	1.114~1.167	1.274~1.298	1.316~1.317	10	4.15~4.21	4.16~4.19	4.28~4.39	4.06~4.56	4.38~4.43	4.57~4.59
11	1.134~1.142	1.100~1.104	1.130~1.145	1.049~1.112	1.119~1.130	1.198~1.286	11	5.10~5.15	4.89~4.92	5.10~5.20	4.72~4.93	4.49~4.51	4.43~4.98
12	1.165~1.197	0.914~0.995	1.075~1.120	1.107~1.170	1.077~1.098	1.177~1.190	12	3.50~4.50	3.76~3.81	3.77~3.85	2.87~3.28	2.90~2.98	3.28~3.49
13	1.395~1.404	1.178~1.183	1.208~1.214	1.256~1.295	1.269~1.291	1.351~1.386	13	5.53~5.55	4.24~4.25	4.21~4.23	4.15~4.32	4.64~4.67	4.93~4.99
14	1.234~1.244	1.136~1.156	1.126~1.137	1.122~1.128	1.197~1.226	1.216~1.236	14	4.50~4.56	4.45~4.53	4.24~4.36	4.26~4.27	4.66~4.67	4.58~4.64
15	1.137~1.153	1.018~1.021	1.082~1.112	1.214~1.272	1.246~1.251	1.322~1.368	15	5.30~5.36	4.52~4.59	5.21~5.29	5.16~5.77	5.82~5.85	5.80~5.95
平均	1.178	1.091	1.122	1.159	1.202	1.249	平均	4.681	4.147	4.184	4.273	4.347	4.413

電阻(k Ω)

No	0min	30min	60min	90min	120min	150min
1	0.238~0.247	0.237~0.254	0.254~0.271	0.263~0.286	0.262~0.293	0.~67-0.275
2	0.207~0.224	0.236~0.253	0.231~0.242	0.231~0.246	0.235~0.252	0.~45-0.284
3	0.246~0.252	0.245~0.265	0.248~0.256	0.231~0.260	0.251~0.263	0.252~0.385
4	0.235~0.234	0.239~0.260	0.256~0.269	0.258~0.277	0.256~0.266	0.271~0.289
5	0.250~0.263	0.261~0.274	0.259~0.265	0.250~0.253	0.271~0.272	0.263~0.268
6	0.292~0.295	0.309~0.316	0.295~0.300	0.294~0.296	0.299~0.311	0.294~0.295
7	0.313~0.315	0.333~0.337	0.333~0.340	0.352~0.357	0.386~0.401	0.369~0.381
8	0.204~0.219	0.235~0.243	0.264~0.272	0.251~0.258	0.265~0.268	0.255~0.261
9	0.288~0.304	0.327~0.331	0.412~0.429	0.317~0.338	0.312~0.316	0.351~0.359
10	0.244~0.250	0.279~0.281	0.259~0.276	0.244~0.287	0.288~0.296	0.287~0.288
11	0.220~0.224	0.224~0.226	0.217~0.225	0.213~0.236	0.248~0.252	0.241~0.290
12	0.259~0.342	0.240~0.265	0.279~0.297	0.338~0.408	0.361~0.379	0.337~0.281
13	0.251~0.254	0.277~0.279	0.374~0.378	0.291~0.312	0.272~0.278	0.262~0.270
14	0.271~0.276	0.251~0.260	0.258~0.268	0.263~0.265	0.256~0.263	0.256~0.263
15	0.211~0.219	0.219~0.226	0.200~0.219	0.224~0.229	0.210~0.226	0.223~0.231
平均	0.255	0.266	0.276	0.278	0.283	0.290

(六)實驗二

Zn_Cu 電壓(V)

Cu_Cu 電壓(V)

No	0min	30min	60min	90min	120min	150min	No	0min	30min	60min	90min	120min	150min
1	1.036	1.014	1.002	1.001	1.000	1.000	1	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001	0.002
2	1.026	0.996	0.992	0.991	0.989	0.989	2	0.004	0.003	0.002	0.001	0.010	0.001
3	0.995	0.986	0.984	0.983	0.983	0.983	3	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
4	0.992	0.983	0.984	0.984	0.985	0.983	4	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	0.995	0.992	0.991	0.990	0.990	0.989	5	-0.001	0.001	0.009	0.002	0.000	0.000
平均	1.009	0.994	0.991	0.990	0.989	0.989	平均	0.001	0.001	0.002	0.001	0.002	0.001

Zn_Cu 電流(mA)

Cu_Cu 電流(mA)

No	0min	30min	60min	90min	120min	150min	No	0min	30min	60min	90min	120min	150min
1	0.129	0.076	0.058	0.050	0.040	0.038	1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2	0.133	0.083	0.059	0.041	0.036	0.034	2	0.006	0.006	0.004	0.003	0.002	0.002
3	0.068	0.046	0.026	0.023	0.021	0.022	3	-0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
4	0.085	0.053	0.042	0.036	0.033	0.031	4	-0.002	0.000	-0.001	0.000	0.000	0.000
5	0.071	0.063	0.038	0.034	0.024	0.025	5	0.000	0.003	0.003	0.004	0.000	0.000
平均	0.097	0.064	0.045	0.037	0.031	0.030	平均	0.001	0.002	0.001	0.001	0.000	0.000

Zn_Cu 電阻(k Ω)Cu_Cu 電阻(k Ω)

No	0min	30min	60min	90min	120min	150min	No	0min	30min	60min	90min	120min	150min
1	8.031	13.342	17.276	20.020	25.000	26.316	1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2	7.714	12.000	16.814	24.171	27.472	29.088	2	0.667	0.500	0.500	0.333	5.000	0.500
3	14.632	21.435	37.846	42.739	46.810	44.682	3	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
4	11.671	18.547	23.429	27.333	29.848	31.710	4	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	14.014	15.746	26.079	29.118	41.250	39.560	5	0.000	0.333	3.000	0.500	0.000	0.000
平均	11.212	16.214	24.289	28.676	34.076	34.271	平均	0.133	0.167	0.700	0.167	1.000	0.100

(七)實驗二

Zn_Pb 電壓(V)

Pb_Cu 電壓(V)

No	0min	30min	60min	90min	120min	150min	No	0min	30min	60min	90min	120min	150min
1	0.536	0.542	0.539	0.542	0.543	0.541	1	0.039	0.030	0.026	0.019	0.013	0.009
2	0.546	0.546	0.548	0.547	0.548	0.549	2	0.021	0.017	0.01	0.007	0.006	0.007
3	0.547	0.543	0.542	0.543	0.546	0.547	3	0.025	0.025	0.025	0.018	0.010	0.009
4	0.538	0.539	0.539	0.542	0.544	0.541	4	0.042	0.043	0.037	0.027	0.018	0.010
5	0.536	0.534	0.54	0.544	0.549	0.552	5	0.028	0.024	0.017	0.010	0.009	0.006
平均	0.541	0.541	0.542	0.544	0.546	0.546	平均	0.031	0.028	0.023	0.016	0.011	0.008

Zn_Pb 電流(mA)

Pb_Cu 電流(mA)

No	0min	30min	60min	90min	120min	150min	No	0min	30min	60min	90min	120min	150min
1	0.051	0.04	0.031	0.026	0.023	0.02	1	0.039	0.019	0.013	0.009	0.006	0.004
2	0.154	0.089	0.064	0.053	0.045	0.039	2	0.018	0.014	0.008	0.006	0.005	0.006
3	0.142	0.067	0.054	0.041	0.036	0.035	3	0.026	0.018	0.016	0.010	0.006	0.005
4	0.198	0.142	0.09	0.077	0.063	0.052	4	0.063	0.038	0.028	0.018	0.012	0.006
5	0.151	0.084	0.062	0.047	0.043	0.035	5	0.039	0.018	0.012	0.008	0.006	0.006
平均	0.139	0.084	0.060	0.049	0.042	0.036	平均	0.037	0.021	0.015	0.010	0.007	0.005

Zn_Pb 電阻(k Ω)Pb_Cu 電阻(k Ω)

No	0min	30min	60min	90min	120min	150min	No	0min	30min	60min	90min	120min	150min
1	10.510	13.550	17.387	20.846	23.609	27.050	1	1.000	1.579	2.000	2.111	2.167	2.250
2	3.545	6.135	8.563	10.321	12.178	14.077	2	1.167	1.214	1.250	1.167	1.200	1.167
3	3.852	8.104	10.037	13.244	15.167	15.629	3	0.962	1.389	1.563	1.800	1.667	1.800
4	2.717	3.796	5.989	7.039	8.635	10.404	4	0.667	1.132	1.321	1.500	1.500	1.667
5	3.550	6.357	8.710	11.574	12.767	15.771	5	0.718	1.333	1.417	1.250	1.500	1.000
平均	4.835	7.588	10.137	12.605	14.471	16.586	平均	0.903	1.329	1.510	1.566	1.607	1.577

(八)實驗二

Zn_Fe 電壓(V)

Fe_Cu 電壓(V)

No	0min	30min	60min	90min	120min	150min	No	0min	30min	60min	90min	120min	150min
1	0.059	0.057	0.057	0.056	0.055	0.054	1	0.573	0.579	0.579	0.575	0.569	0.572
2	0.049	0.051	0.05	0.05	0.049	0.05	2	0.587	0.591	0.589	0.587	0.589	0.586
3	0.049	0.053	0.047	0.053	0.047	0.05	3	0.623	0.607	0.592	0.590	0.583	0.564
4	0.037	0.034	0.031	0.028	0.026	0.025	4	0.619	0.607	0.607	0.595	0.594	0.598
5	0.031	0.034	0.038	0.036	0.04	0.041	5	0.662	0.621	0.608	0.597	0.584	0.581
平均	0.045	0.046	0.045	0.045	0.043	0.044	平均	0.613	0.601	0.595	0.589	0.584	0.580

Zn_Fe 電流(mA)

Fe_Cu 電流(mA)

No	0min	30min	60min	90min	120min	150min	No	0min	30min	60min	90min	120min	150min
1	0.052	0.036	0.03	0.027	0.025	0.023	1	5.00	4.42	4.63	4.62	4.60	4.67
2	0.045	0.035	0.03	0.025	0.022	0.019	2	5.09	5.13	5.12	5.10	5.09	5.08
3	0.026	0.022	0.02	0.019	0.018	0.017	3	5.03	5.18	5.28	5.28	5.22	5.08
4	0.039	0.03	0.024	0.02	0.019	0.018	4	5.04	5.03	5.02	5.11	5.22	5.32
5	0.053	0.04	0.026	0.024	0.022	0.019	5	5.20	5.10	5.09	5.05	4.98	4.94
平均	0.043	0.033	0.026	0.023	0.021	0.019	平均	5.072	4.972	5.028	5.032	5.022	5.018

Zn_Fe 電阻(k Ω)Fe_Cu 電阻(k Ω)

No	0min	30min	60min	90min	120min	150min	No	0min	30min	60min	90min	120min	150min
1	1.135	1.583	1.900	2.074	2.200	2.348	1	0.115	0.131	0.125	0.124	0.124	0.122
2	1.089	1.457	1.667	2.000	2.227	2.632	2	0.115	0.115	0.115	0.115	0.116	0.115
3	1.885	2.409	2.350	2.789	2.611	2.941	3	0.124	0.117	0.112	0.112	0.112	0.111
4	0.949	1.133	1.292	1.400	1.368	1.389	4	0.123	0.121	0.121	0.116	0.114	0.112
5	0.585	0.850	1.462	1.500	1.818	2.158	5	0.127	0.122	0.119	0.118	0.117	0.118
平均	1.128	1.487	1.734	1.953	2.045	2.293	平均	0.121	0.121	0.119	0.117	0.116	0.116

(九)實驗二

Zn_Mg 電壓(V)

Mg_Cu 電壓(V)

No	0min	30min	60min	90min	120min	150min	No	0min	30min	60min	90min	120min	150min
1	-0.433~ -0.437	-0.576~ -0.584	-0.618~ -0.623	-0.613~ -0.633	-0.530~ -0.540	-0.531~ -0.548	1	1.492~ 1.501	1.534~ 1.553	1.574~ 1.619	1.631~ 1.658	1.697~ 1.742	1.740~ 1.750
2	-0.485~ -0.493	-0.455~ -0.467	-0.506~ -0.514	-0.582~ -0.592	-0.599~ -0.607	-0.488~ -0.496	2	1.504~ 1.520	1.569~ 1.581	1.626~ 1.645	1.724~ 1.731	1.741~ 1.768	1.739~ 1.748
3	-0.479~ -0.483	-0.551~ -0.559	-0.552~ -0.558	-0.524~ -0.534	-0.524~ -0.529	-0.523~ -0.539	3	1.463~ 1.482	1.506~ 1.530	1.569~ 1.575	1.616~ 1.625	1.727~ 1.734	1.880~ 1.889
4	-0.478~ -0.487	-0.463~ -0.465	-0.453~ -0.464	-0.528~ -0.538	-0.470~ -0.476	-0.537~ -0.549	4	1.531~ 1.546	1.541~ 1.548	1.582~ 1.593	1.624~ 1.650	1.676~ 1.683	1.647~ 1.678
5	-0.471~ -0.476	-0.500~ -0.501	-0.528~ -0.529	-0.502~ -0.504	-0.505~ -0.506	-0.462~ -0.469	5	1.537~ 1.542	1.544~ 1.558	1.586~ 1.594	1.663~ 1.669	1.677~ 1.680	1.694~ 1.696
平均	-0.472	-0.512	-0.535	-0.555	-0.524	-0.514	平均	1.512	1.547	1.619	1.660	1.713	1.746

Zn_Mg 電流(mA)

Mg_Cu 電流(mA)

No	0min	30min	60min	90min	120min	150min	No	0min	30min	60min	90min	120min	150min
1	-3.42~ -3.44	-3.29~ -3.53	-3.81~ -3.85	-3.72~ -3.84	-3.45~ -3.60	-3.79~ -3.81	1	12.29~ 12.34	11.10~ 11.30	14.53~ 14.72	14.24~ 14.84	13.14~ 13.18	14.69~ 14.98
2	-3.52~ -3.63	-3.14~ -3.16	-3.22~ -3.04	-3.34~ -3.36	-3.28~ -3.29	-3.30~ -3.33	2	12.16~ 12.42	12.82~ 12.93	13.04~ 13.22	12.86~ 12.92	13.06~ 13.09	12.35~ 12.92
3	-3.78~ -3.81	-3.58~ -3.71	-3.76~ -3.77	-3.74~ -3.75	-3.64~ -3.66	-3.64~ -3.67	3	11.37~ 11.46	13.07~ 13.20	12.47~ 13.54	13.91~ 13.99	12.29~ 12.39	12.37~ 12.45
4	-3.67~ -3.70	-3.19~ -3.22	-7.11~ -3.15	-3.21~ -3.22	-2.92~ -2.94	-3.02~ -3.03	4	10.01~ 10.05	12.17~ 12.22	10.88~ 10.93	11.24~ 11.40	11.87~ 11.95	11.83~ 11.94
5	-3.79~ -3.81	-3.38~ -3.39	-3.26~ -3.27	-3.12~ -3.13	-3.22~ -3.23	-3.09~ 3.10	5	11.83~ 11.89	10.64~ 10.65	11.91~ 11.95	12.24~ 12.28	12.12~ 12.14	12.76~ 12.78
平均	-3.657	-3.359	-3.424	-3.443	-3.323	-3.378	平均	11.58	12.01	12.72	13.00	12.53	12.91

Zn_Mg 電阻(k Ω)Mg_Cu 電阻(k Ω)

No	0min	30min	60min	90min	120min	150min	No	0min	30min	60min	90min	120min	150min
1	0.128~ 0.126	0.178~ 0.163	0.164~ 0.161	0.170~ 0.160	0.157~ 0.147	0.145~ 0.139	1	0.122~ 0.121	0.140~ 0.136	0.111~ 0.107	0.116~ 0.110	0.133~ 0.129	0.119~ 0.116
2	0.140~ 0.134	0.149~ 0.144	0.169~ 0.157	0.177~ 0.173	0.185~ 0.182	0.150~ 0.147	2	0.125~ 0.121	0.123~ 0.121	0.126~ 0.123	0.135~ 0.133	0.135~ 0.133	0.135~ 0.141
3	0.128~ 0.126	0.156~ 0.149	0.148~ 0.146	0.143~ 0.140	0.145~ 0.143	0.148~ 0.143	3	0.130~ 0.128	0.117~ 0.114	0.126~ 0.116	0.117~ 0.116	0.141~ 0.139	0.153~ 0.151
4	0.133~ 0.129	0.146~ 0.144	0.149~ 0.144	0.168~ 0.164	0.163~ 0.160	0.182~ 0.177	4	0.154~ 0.152	0.127~ 0.126	0.146~ 0.145	0.147~ 0.142	0.142~ 0.140	0.142~ 0.138
5	0.126~ 0.124	0.148~ 0.147	0.162~ 0.161	0.162~ 0.160	0.157~ 0.156	0.152~ 0.149	5	0.129~ 0.130	0.145~ 0.146	0.133~ 0.134	0.135~ 0.136	0.138~ 0.139	0.133~ 0.133
平均	0.129	0.152	0.156	0.162	0.160	0.153	平均	0.131	0.130	0.127	0.129	0.137	0.136

【評語】 031627

1. 修改國中實驗來映證基測考題的問題，獲得結論，解決問題具有科學精神及創意。
2. 若能針對金屬活性來比較金屬橋及兩電極間產生的導電度做更詳盡的分析與討論，可使實驗結果更完整。